

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

REC'D 23 SEP 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 40 546.1

**Anmeldetag:** 1. September 2003

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur visuellen  
Unterstützung einer elektrophysiologischen  
Katheteranwendung im Herzen

**IPC:** A 61 B, A 61 M, G 06 T

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juni 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

  
Dzierzga

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur visuellen Unterstützung einer elektrophysiologischen Katheteranwendung im Herzen

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur visuellen Unterstützung einer elektrophysiologischen Katheteranwendung im Herzen, bei denen während der Durchführung der Katheteranwendung bereitgestellte elektroanatomische 3D-Mapping-Daten eines zu behandelnden Bereiches des Herzens visualisiert werden.

10

Die Behandlung von Herzrhythmus-Störungen hat sich seit der Einführung der Technik der Katheterablation mittels Hochfrequenzstrom wesentlich gewandelt. Bei dieser Technik wird unter Röntgenkontrolle ein Ablations-Katheter über Venen oder Arterien in eine der Herzkammern eingeführt und durch Hochfrequenzstrom das die Herzrhythmus-Störungen hervorrufende Gewebe verödet. Voraussetzung für eine erfolgreiche Durchführung einer Katheterablation ist die genaue Ortung der Ursache der Herzrhythmus-Störung in der Herzkammer. Diese Ortung erfolgt über eine elektrophysiologische Untersuchung, bei der elektrische Potentiale mit einem in die Herzkammer eingeführten Mapping-Katheter orts aufgelöst erfasst werden. Aus dieser elektrophysiologischen Untersuchung, dem so genannten elektroanatomischen Mapping, werden somit 3D-Mapping-Daten erhalten, die an einem Monitor visualisiert werden können. Die Mapping-Funktion und die Ablations-Funktion sind dabei in vielen Fällen in einem Katheter vereint, so dass der Mapping-Katheter gleichzeitig auch ein Ablations-Katheter ist.

15

20

30

Ein bekanntes elektroanatomisches 3D-Mapping-Verfahren, wie es mit dem Carto-System der Fa. Biosense Webster Inc., USA, durchführbar ist, basiert auf elektromagnetischen Prinzipien. Unter dem Untersuchungstisch werden drei verschiedene magnetische Wechselfelder geringer Intensität aufgebaut. Mittels integrierter elektromagnetischer Sensoren an der Katheter-

35

spitze des Mapping-Katheters ist es möglich, die durch Katheterbewegungen induzierten Spannungsänderungen innerhalb des Magnetfeldes zu messen und mit Hilfe mathematischer Algorithmen zu jedem Zeitpunkt die Position des Mapping-Katheters zu errechnen. Durch punktwises Abtasten der endokardialen Kontur einer Herzkammer mit dem Mapping-Katheter bei simultaner Erfassung der elektrischen Signale entsteht eine elektroanatomische dreidimensionale Landkarte, in der die elektrischen Signale farbkodiert wiedergegeben werden.

10

Die für die Führung des Katheters erforderliche Orientierung des Bedieners erfolgt in der Regel bisher über fluoroskopische Visualisierung. Da die Position des Mapping-Katheters beim elektroanatomischen Mapping jederzeit bekannt ist, kann bei dieser Technik nach Erfassung einer genügend großen Anzahl von Messpunkten die Orientierung auch durch kontinuierliche Darstellung der Katheterspitze in der elektroanatomischen Landkarte erfolgen, so dass in diesem Stadium auf eine fluoroskopische Bildtechnik mit Röntgendurchleuchtung verzichtet werden kann.

20

Die bisher nicht optimalen Orientierungsmöglichkeiten des Bedieners bei der Führung des Katheters stellen ein grundsätzliches Problem bei der Durchführung der Katheterablation innerhalb des Herzens dar. Eine genauere Darstellung der morphologischen Umgebung während der Führung des Katheters würde einerseits die Genauigkeit bei der Katheterablation erhöhen und andererseits auch die Zeit für die Durchführung des elektroanatomischen Mapping verkürzen. Weiterhin könnte die in vielen Fällen für das elektroanatomische Mapping noch erforderliche Röntgendurchleuchtung verringert oder vermieden und damit auch die applizierte Röntgensdosis reduziert werden.

30

35 Zur Verbesserung der Orientierung des Bedieners bei der Führung des Katheters sind unterschiedliche Techniken bekannt. Bei einer Technik wird ein spezieller Katheter mit einem

Ultraschall-Messkopf eingesetzt, wie er beispielsweise von der Fa. Siemens AG Medical Solutions unter der Bezeichnung Acunav angeboten wird. Über eine zweidimensionale Ultraschallerfassung der Umgebung sowie eines Teils des Katheters können Teile des zu verödenden Zielgewebes zusammen mit dem Katheter in Echtzeit visualisiert werden. Der Einsatz eines derartigen Katheters liefert allerdings keine dreidimensionale Bildinformation. Die Ultraschalldarstellung kann daher nur eingesetzt werden, um beispielsweise einen so genannten Lasso-Katheter in die Öffnung der Pulmonalvene einzusetzen. Nach der Positionierung des Lasso-Katheters kann eine Gewebeverödung um die Öffnung einer Pulmonalvene unter Visualisierung sowohl des Lasso-Katheters als auch des Ablations-Katheters mittels Röntgenstrahlung durchgeführt werden.

Bei einer anderen bekannten Technik wird ein Lasso-Katheter ohne Unterstützung bildgebender 2D-Ultraschalltechnik an der Öffnung der Pulmonalvene platziert, indem ein Kontrastmittel über einen im linken Vorhof im Bereich der Pulmonalvenenöffnung geführten Katheter unter Röntgendurchleuchtung appliziert wird. Das Kontrastmittel verteilt sich dabei, wobei ein kleiner Teil mit dem Blutfluss über die Pulmonalvene austritt. Diese Kurzzeit-Visualisierung der Pulmonalvene ermöglicht die Platzierung des Lasso-Katheters in der Öffnung. Die Katheterablation kann nachfolgend wie bei der vorgenannten Technik durchgeführt werden.

Weiterhin ist eine Technik bekannt, bei der die Öffnung der Pulmonalvene durch elektroanatomisches Mapping des linken Vorhofs und der Pulmonalvenen lokalisiert wird, indem der Mapping-Katheter zunächst in eine Pulmonalvene eingeführt und anschließend zurückgezogen wird, bis elektrische Aktivität des Vorhofs detektiert wird. Diese Position entspricht der Position der Öffnung der Pulmonalvene, um die das Zielgewebe verödet werden soll.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zur visuellen Unterstützung einer elektrophysiologischen Katheteranwendung im Herzen anzugeben, die eine verbesserte Orientierung während der Führung des Katheters bei der Katheteranwendung, insbesondere beim elektroanatomischen Mapping und/oder bei einer Katheterablation ermöglichen.

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren sowie der Vorrichtung gemäß den Patentansprüchen 1 und 15 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sowie der Vorrichtung sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

15

Bei dem vorliegenden Verfahren zur visuellen Unterstützung einer elektrophysiologischen Katheteranwendung im Herzen, insbesondere einer Katheterablation, werden vor der Durchführung der Katheteranwendung zunächst 3D-Bilddaten einer den zu behandelnden Bereich enthaltenden Körperregion mit einem Verfahren der tomographischen 3D-Bildgebung erfasst. Aus den 3D-Bilddaten wird anschließend der zu behandelnde Bereich oder zumindest signifikante Anteile davon extrahiert. Die hierdurch erhaltenen selektierten 3D-Bilddaten und die bereitgestellten elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten werden schließlich lage- und dimensionsrichtig zugeordnet und, vorzugsweise während der Durchführung der Katheteranwendung, gleichzeitig nebeneinander lage- und dimensionsrichtig visualisiert.

Durch das vorliegende Verfahren und die zugehörige Vorrichtung wird somit dem Bediener eine Hilfestellung bei der Orientierung innerhalb des Herzens gegeben, indem die anatomischen 3D-Bilddaten und die 3D-Mapping-Daten nebeneinander in gleicher Orientierung und Skalierung an einem oder mehreren Anzeigeflächen oder Monitoren dargestellt werden. Hierdurch sind sowohl die elektrophysiologischen Eigenschaften des Gewebes als auch die zugehörige anatomische Umgebung in Echt-

zeit während der Katheteranwendung erkennbar. Die Visualisierung kann dabei sowohl im Kontrollraum als auch im Arbeitsraum des Herzkatheterlabors erfolgen.

- 5 Für die Erfassung der 3D-Bilddaten können beispielsweise Verfahren der Röntgen-Computer-Tomographie, der Magnetresonanztomographie oder der 3D-Ultraschall-Bildgebung eingesetzt werden. Auch Kombinationen dieser Bildgebungsverfahren sind selbstverständlich möglich. Es muss lediglich darauf geachtet werden, dass die 3D-Bildaufnahmen bei der gleichen Herzphase  
10 erfolgen wie die bereitgestellten elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten, um jeweils den gleichen Zustand des Herzens zu erfassen. Dies kann mit der bekannten Technik des EKG-Gating bei der Erfassung der Bilddaten sowie der elektroanatomischen  
15 Mapping-Daten gewährleistet werden.

- Die dimensions- und lagerichtige Zuordnung der elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten und der selektierten 3D-Bilddaten kann durch unterschiedliche Techniken erfolgen. Eine Möglichkeit besteht in der Registrierung zwischen den jeweiligen  
20 Daten durch visuelle Anpassung eines durch Segmentierung extrahierten 3D-Oberflächenverlaufs an die Darstellung der elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten. Weiterhin lassen sich auch künstliche Marker oder natürliche markante Punkte nutzen, die in beiden Datensätzen erkennbar sind. Für die Registrierung kann neben dem zu behandelnden Bereich auch ein Nachbarbereich herangezogen werden, soweit dieser in den vorhandenen Daten enthalten ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens sowie der Vorrichtung erfolgt die Registrierung in einem ersten Stadium, in dem nur ein kleinerer  
30 Teil der elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten vorliegt, mit Hilfe von künstlichen Markern oder von markanten Punkten und in einem oder mehreren nachfolgenden Stadien, in denen bereits eine größere Anzahl elektroanatomischer 3D-Mapping-Daten vorliegt, durch Oberflächenanpassung. Auf diese Weise  
35 wird die Registrierung während der Katheteranwendung mit zu-

nehmender Anzahl elektroanatomischer 3D-Mapping-Daten verbessert.

Die Darstellung der selektierten 3D-Bilddaten kann mittels  
5 einer Volume-Rendering-Technik erfolgen. In einer weiteren  
Ausgestaltung wird ein extrahierter 3D-Oberflächenverlauf  
durch ein Polygonnetz dargestellt, wie dies aus dem Bereich  
der Computergraphik bekannt ist. Die Darstellung kann mit  
einer einstellbaren Volume-Rendering Transferfunktion erfol-  
10 gen.

Die vorliegende Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens  
umfasst eine oder mehrere Eingangsschnittstellen für die  
elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten und die mit einem bild-  
15 gebenden tomographischen Verfahren erfassten 3D-Bilddaten.  
Die Vorrichtung weist ein Extrahierungsmodul zur Extrahierung  
eines zu behandelnden Bereiches oder signifikanter Anteile  
davon aus den 3D-Bilddaten auf, das selektierte 3D-Bilddaten  
liefert. Mit diesem Extrahierungsmodul ist ein Registrie-  
20 rungsmodul verbunden, das für die lage- und dimensionsrichti-  
ge Zuordnung der elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten und der  
selektierten 3D-Bilddaten ausgebildet ist. Mit diesem Regist-  
rierungsmodul ist wiederum ein Visualisierungsmodul verbun-  
den, das die 3D-Mapping-Daten und die selektierten 3D-Bild-  
daten so zur Visualisierung bereitstellt, dass sie lage- und  
dimensionsrichtig nebeneinander mit einem oder mehreren An-  
zeigegeräten darstellbar sind.

Die einzelnen Module der Vorrichtung sind in unterschiedli-  
30 chen Ausgestaltungen entsprechend zur Durchführung der nach-  
folgend aufgezeigten unterschiedlichen Ausführungsformen des  
Verfahrens ausgebildet.

Das vorliegende Verfahren sowie die zugehörige Vorrichtung  
35 werden nachfolgend in Verbindung mit der Figur nochmals näher  
erläutert. Die Figur zeigt hierzu die einzelnen Schritte bei

der Durchführung des vorliegenden Verfahrens bzw. die einzelnen Module der zugehörigen Vorrichtung.

5 In einem ersten Schritt 1 erfolgt beim vorliegenden Verfahren die Erfassung der 3D-Bilddaten der Körperregion, die insbesondere die zu behandelnde Herzkammer enthält. Bei der Erfassung dieser 3D-Bilddaten kann für eine spätere Registrierung auch ein größerer Teil des Herzens eingeschlossen werden. Die Erfassung der 3D-Bilddaten erfolgt mit einem Verfahren der  
10 tomographischen 3D-Bildgebung, wie beispielsweise Röntgen-Computer-Tomographie, Magnetresonanz-Tomographie oder 3D-Ultraschalltechniken. Bei der Erfassung der 3D-Bilddaten ist darauf zu achten, dass diese Bilddaten jeweils für die gleiche Herzphase erfasst werden, für die auch später die elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten bereitgestellt werden. Dies  
15 wird durch EKG-Gating der Bilderfassung sowie der Erfassung der 3D-Mapping-Daten gewährleistet, beispielsweise durch Bezugnahme auf einen Prozentwert des RR-Intervalls oder auf einen festen Zeitabstand vor oder nach dem R-Peak.

20

Bei der Durchführung des Verfahrens ist es wichtig, hochauflösende Bilddaten der Herzkammer zu erfassen, die während der Katheteranwendung elektroanatomisch vermessen wird. Vorzugsweise wird daher für die Erfassung der 3D-Bilddaten ein Kontrastmittel in Verbindung mit einem Testbolus oder Bolustracking eingesetzt.

Elektrophysiologische Verfahren werden in der Regel in einer der Herzkammern durchgeführt, so dass 3D-Mapping-Daten der zu  
30 behandelnden Herzkammer bereitgestellt werden. Unter den Herzkammern werden in der vorliegenden Anmeldung sowohl die Ventrikel als auch die Vorhöfe verstanden. Für die Visualisierung gemäß dem vorliegenden Verfahren werden die Bilddaten dieser Herzkammer oder zumindest signifikanter Anteile davon  
35 aus den erfassten 3D-Bilddaten extrahiert. Für den Extrahierungsschritt 2 können folgende Techniken oder auch eine Kombination dieser Techniken eingesetzt werden.



In einer Ausgestaltung des Verfahrens kann die Extrahierung 2 durch sogenanntes Volume-Clipping erfolgen. Hierbei werden interaktiv über eine Eingabeschnittstelle 8 nacheinander Einstellungen für eine Anzahl von Clip-Ebenen durchgeführt, durch die ein durch die 3D-Bilddaten erhältliches 3D-Bild auf ein Teilvolumen beschränkt wird, das die zu behandelnde Herzkammer enthält.

10 Eine weitere mögliche Technik zur Extrahierung 2 besteht im sogenannten Volume-Punching, bei dem nacheinander interaktiv Punching-Operationen durchgeführt werden, um irrelevante Teile des durch die 3D-Bilddaten erhältlichen 3D-Bildes auszublen-  
15 die spätere Darstellung nicht relevant sind.

Eine weitere Technik besteht in der Segmentierung der 3D-Bilddaten, um einen 3D-Oberflächenverlauf der fraglichen Herzkammer sowie optional daran angrenzender Gefäße zu erhalten.  
20 ten. Diese Segmentierung kann für eine spätere Darstellung des Oberflächenverlaufes dieser Objekte und in einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens auch für die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung zu den 3D-Mapping-Daten genutzt werden.

Die Segmentierung der zu behandelnden Herzkammer - oder weiterer Kammern oder Herzgefäße - kann in Form einer 2D-Segmentierung in einzelnen Schichten erfolgen. Eine Möglichkeit besteht darin, eine vollautomatische Segmentierung aller  
30 durch das bildgebende Verfahren erhaltenen Schichten der Herzkammer durchzuführen. Alternativ hierzu können auch ein oder mehrere der Schichten interaktiv durch einen Bediener und die jeweils darauf folgenden Schichten automatisch auf Basis der Vorkenntnis der bereits segmentierten Schichten  
35 segmentiert werden. Die interaktive Segmentierung einzelner Schichten kann auch durch halbautomatische Techniken, wie beispielsweise die Technik der aktiven Konturen, unterstützt

werden. Nach der Segmentierung aller Einzelschichten kann dann der 3D-Oberflächenverlauf der Herzkammer rekonstruiert werden.

5 Die Segmentierung kann auch als 3D-Segmentierung der zu be-  
handelnden Herzkammer – oder weiterer Kammern oder Herzgefäße  
– mittels bekannter 3D-Segmentierungstechniken erfolgen. Bei-  
spiele für derartige 3D-Segmentierungstechniken sind die  
10 Schwellwerttechnik oder die Technik des Region-Growing. Falls  
diese vollautomatischen 3D-Segmentierungs-Algorithmen in ein-  
zelnen Fällen nicht zuverlässig arbeiten, so kann eine inter-  
aktive Eingabemöglichkeit für einen Bediener bereitgestellt  
werden, um beispielsweise Grauwert-Schwellwerte oder räumli-  
che Blocker vorgeben zu können.

15

Die Extrahierung 2 erfolgt im Extrahierungsmodul 11 der vor-  
liegenden Vorrichtung 10. Dieses Extrahierungsmodul 11 erhält  
die erfassten 3D-Bilddaten über eine entsprechende Eingangs-  
schnittstelle 14. In gleicher Weise werden der Vorrichtung 10  
20 über die gleiche oder eine weitere Schnittstelle 15 die 3D-  
Mapping-Daten in der Regel kontinuierlich während der Dauer  
der elektrophysiologischen Katheteranwendung zugeführt.

Die aus der Extrahierung erhaltenen selektierten 3D-Bilddaten  
werden dem Registrierungsmodul 12 zugeführt, in dem die lage-  
und dimensionsrichtige Zuordnung der selektierten 3D-Bild-  
daten zu den im Schritt 3 bereitgestellten 3D-Mapping-Daten  
erfolgt. Die 3D-Mapping-Daten werden über einen Mapping-  
Katheter erhalten, der über einen in die Spitze des Katheters  
30 integrierten 6D-Positionssensor 3D-Koordinaten von Oberflä-  
chenpunkten der zu behandelnden Herzkammer liefert. Derartige  
Katheter sind aus dem Stand der Technik für die Katheterabla-  
tion bzw. das elektroanatomische Mapping bekannt. Der Kathe-  
ter wird hierbei vom Bediener über Venen oder Arterien in die  
35 jeweilige Herzkammer eingeführt. Die Führung des Katheters  
sowie die Erfassung der 3D-Mapping-Daten ist nicht Bestand-  
teil des vorliegenden Verfahrens. Während der Katheterablati-

- on bzw. dem elektroanatomischen Vermessen der zu behandelnden Herzkammer werden den Mapping-Daten im Laufe der Zeit zunehmend mehr Oberflächenpunkte hinzugefügt. Diese Oberflächenpunkte werden für die Rekonstruktion der morphologischen Struktur der Kammer, d.h. für dessen Visualisierung eingesetzt. Auf diese Weise entsteht im Laufe der Zeit ein zunehmend detaillierteres Bild der zu behandelnden Herzkammer aus den elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten.
- 10 Beim Registrierungsschritt 4 im Registrierungsmodul 12 erfolgt neben der lagerichtigen Zuordnung auch eine Anpassung der Dimensionen der selektierten 3D-Bilddaten und der 3D-Mapping-Daten. Dies ist erforderlich, um eine möglichst gute Übereinstimmung der 3D-Bilddaten der Herzkammer bzw. deren Oberfläche in gleicher Orientierung, Skalierung und Form mit der entsprechenden Visualisierung der Herzkammer aus den 3D-Mapping-Daten zu erreichen. Hierfür ist in der Regel eine Transformation der selektierten 3D-Bilddaten oder der 3D-Mapping-Daten erforderlich, die drei Translationsfreiheitsgrade, drei Rotationsfreiheitsgrade, drei Skalierungsfreiheitsgrade und/oder eine Anzahl von Vektoren zur Deformation umfassen kann.
- In einer ersten Ausgestaltung kann die Registrierung durch visuelle Anpassung erfolgen. Hierfür verändert ein Bediener die visualisierten Daten so lange, bis die Orientierung, Skalierung und/oder Form der dargestellten Herzkammer in beiden Repräsentationen, d.h. auf Basis der 3D-Bilddaten und auf Basis der 3D-Mapping-Daten, übereinstimmt. Die visuelle Anpassung kann über eine geeignete grafische Benutzerschnittstelle 9 erfolgen.
- Weiterhin können künstliche Marker für die Registrierung eingesetzt werden. So können in einer Ausgestaltung vor der Erfassung der 3D-Bilddaten die künstlichen Marker an der Brust des Patienten befestigt werden. Diese Marker bleiben während der gesamten nachfolgenden Katheteranwendung an der gleichen

Position fixiert. Wenigstens drei dieser Marker sind erforderlich, um eine korrekte Registrierung, d.h. Zuordnung der Bilddaten zu den Mapping-Daten zu erreichen. Hierbei müssen Marker eingesetzt werden, die sowohl in den 3D-Bilddaten er-  
5 kennbar als auch durch den Positionssensor des Mapping-Systems identifizierbar sind.

Eine weitere Ausgestaltung zur Registrierung sieht vor, globale anatomische Marker, d.h. markante natürliche Punkte des  
10 zu behandelnden Bereiches oder dessen Umgebung, für eine Registrierung zu nutzen. Diese markanten Punkte müssen in den 3D-Bilddaten identifizierbar sein und werden vorzugsweise mit dem Mapping-Katheter unter Einsatz einer fluoroskopischen Bildgebungstechnik angefahren. Derartige markante Punkte sind  
15 beispielsweise die Öffnungen der Vena Cava Superior und Inferior oder des Koronarsinus. Die markanten Punkte können dann automatisch in den 3D-Bilddaten sowie den 3D-Mapping-Daten detektiert werden, so dass eine lage- und dimensionsrichtige Zuordnung dieser Daten berechnet werden kann.

20

Eine weitere vorteilhafte Möglichkeit zur Registrierung der 3D-Bilddaten und der 3D-Mapping-Daten besteht in der automatischen Anpassung der auf Basis dieser Daten dargestellten Oberflächen. Im Falle einer Extrahierung der zu behandelnden Herzkammer durch Segmentierung kann eine automatische Anpassung der extrahierten 3D-Oberflächenkontur der Herzkammer an die durch die 3D-Mapping-Daten erhaltene Oberflächenkontur der Herzkammer erfolgen. Bei Abweichungen in der Form der aus den 3D-Bilddaten und den 3D-Mapping-Daten erhaltenen Oberflächenkonturen können deformierende Anpassungsalgorithmen auf  
30 die Oberflächenkontur aus den 3D-Bilddaten oder auf die Oberflächenkontur aus den 3D-Mapping-Daten angewendet werden, um die gegenseitige Anpassung zu verbessern.

35 Die Oberflächenanpassung kann beispielsweise durch Minimierung von Punktabständen zwischen Oberflächenpunkten der Mapping-Daten und Oberflächenpunkten der aus den 3D-Bilddaten

extrahierten 3D-Oberflächenkontur erfolgen (Punkt-zu-Punkt-Anpassung). Alternativ kann die Anpassung auch durch Minimierung von Punktabständen zwischen Oberflächenpunkten der Mapping-Daten und interpolierten Oberflächenpunkten der 3D-Bilddaten durchgeführt werden (Punkt-zu-Oberfläche-Anpassung).

Für die Durchführung der Oberflächenanpassung ist eine gute Oberflächenrepräsentation der zu behandelnden Herzkammer durch die 3D-Mapping-Daten erforderlich. Da diese Daten in der Regel jedoch über eine längere Zeitdauer gesammelt werden, d.h. zu Beginn der Katheterablation nur wenige elektroanatomische 3D-Mapping-Daten zur Verfügung stehen, wird vorzugsweise ein mehrstufiger Prozess der Registrierung durchgeführt. Hierbei erfolgt in einer anfänglichen ersten Stufe eine Registrierung durch Marker. Die Genauigkeit der Registrierung wird dann im Verlauf des Verfahrens durch Oberflächenanpassung in einem zweiten Schritt verbessert. Selbstverständlich lassen sich auch mit zunehmender Anzahl von Mapping-Punkten weitere Schritte der Oberflächenanpassung vornehmen, durch die gegebenenfalls eine weitere Erhöhung der Genauigkeit ermöglicht wird. Diese mehrstufige Registrierung ist von Vorteil, da die Registrierung durch Oberflächenanpassung bei entsprechend guter Oberflächenrepräsentation genauer ist als die Registrierung mittels anatomischer markanter Punkte oder künstlicher Marker, eine gute Oberflächenrepräsentation durch die Mapping-Daten jedoch erst in einem späteren Verlauf des Verfahrens erhalten wird.

In der anfänglichen ersten Stufe kann auch eine Kombination aus einer Registrierung mittels Markern und einer Registrierung mittels Oberflächenanpassung erfolgen. So kann beispielsweise eine Registrierung des linken Vorhofs durch Oberflächenanpassung einer Gefäßoberfläche z.B. der Pulmonalarterie, und zusätzlich anhand markanter anatomischer Punkte des rechten Vorhofs, z.B. des Koronarsinus oder der Öffnung der Vena Cava Inferior oder der Vena Cava Superior, erfolgen.

Nach der Registrierung zwischen den 3D-Mapping-Daten und den  
selektierten 3D-Bilddaten werden in Schritt 5 im Visualisie-  
rungsmodul 13 die Daten so zur Visualisierung bereitgestellt,  
5 dass sie lage- und dimensionsrichtig nebeneinander mit einem  
oder mehreren Anzeigegeräten 6 darstellbar sind. Mit dem ge-  
strichelten Pfeil ist in der Figur die Möglichkeit der Ver-  
feinerung der Registrierung bzw. Überlagerung im Verlauf der  
Katheterablation durch einen mehrstufigen Prozess angedeutet,  
10 wie dies bereits vorangehend erläutert wurde.

Für die Visualisierung lassen sich unterschiedliche Techniken  
einsetzen. So kann in einer Ausgestaltung die Visualisierung  
der selektierten 3D-Bilddaten durch eine Volume-Rendering-  
15 Technik erfolgen, wobei die Visualisierung durch Einstellung  
der Volume-Rendering-Transfer-Funktion 7 beeinflussbar ist.  
Da die Visualisierung der 3D-Mapping-Daten die Visualisierung  
der Position und Orientierung des Mapping-Katheters enthält,  
ist es auch möglich, den selektierten 3D-Bilddaten die Dar-  
20 stellung der Position und Orientierung des Mapping-Katheters  
zu überlagern.

In einer weiteren Ausgestaltung kann bei einer Segmentierung  
der 3D-Bilddaten die aus den 3D-Bilddaten extrahierte Ober-  
fläche auch als oberflächenschattierte Darstellung oder nach  
einer Triangulation als Polygonnetz visualisiert werden. Auch  
in diesem Fall ist es möglich, die Position und Orientierung  
des Mapping-Katheters zusammen mit dem die Oberfläche reprä-  
sentierenden Polygonnetz darzustellen.

30 In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens sowie  
der zugehörigen Vorrichtung werden beide Visualisierungen so  
miteinander verknüpft, dass sie simultan verschoben, rotiert  
und skaliert werden können. Zusätzlich kann ein sogenannter  
35 verlinkter Cursor eingesetzt werden, der jeweils korrespon-  
dierende Positionen in der Visualisierung der 3D-Bilddaten  
und in der Visualisierung der 3D-Mapping-Daten zeigt. Bei

Bewegung des Cursors durch einen Benutzer in einer der Visualisierungen bewegt sich der Cursor dann entsprechend in der anderen Visualisierung.

- 5 Weiterhin kann der Mapping-Katheter, dessen Darstellung in den 3D-Mapping-Daten enthalten ist und der in der Visualisierung dieser Daten erkennbar ist, wie bereits angedeutet, bei entsprechender Registrierung zwischen den 3D-Bilddaten und den 3D-Mapping-Daten auch der Visualisierung der selektierten
- 10 3D-Bilddaten überlagert werden. Auf diese Weise kann die Position und Orientierung dieses Katheters auch jederzeit in der Visualisierung der selektierten 3D-Bilddaten erkannt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur visuellen Unterstützung bei einer elektro-  
physiologischen Katheteranwendung im Herzen, bei dem während  
5 der Durchführung der Katheteranwendung bereit gestellte  
elektroanatomische 3D-Mapping-Daten eines zu behandelnden  
Bereiches des Herzens visualisiert werden,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mit einem Verfahren der tomographischen 3D-Bildgebung  
10 vor der Durchführung der Katheteranwendung 3D-Bilddaten einer  
den zu behandelnden Bereich enthaltenden Körperregion erfasst  
werden;  
aus den 3D-Bilddaten der zu behandelnde Bereich oder signifi-  
kante Anteile davon extrahiert werden, um selektierte 3D-  
15 Bilddaten zu erhalten; und  
die elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten und die selektierten  
3D-Bilddaten lage- und dimensionsrichtig zugeordnet und ne-  
beneinander visualisiert werden.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die 3D-Bilddaten der Körperregion mit einem Verfahren  
der Röntgen-Computertomographie oder der Magnetresonanztomo-  
graphie erfasst werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die 3D-Bilddaten der Körperregion mit einem 3D-Ultra-  
schallverfahren erfasst werden.
- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Extrahierung signifikanter Anteile des zu behandeln-  
den Bereiches durch Segmentierung der 3D-Bilddaten erfolgt,  
35 um einen 3D-Oberflächenverlauf von Objekten im zu behandeln-  
den Bereich zu erhalten.



5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung automatisch  
durch Oberflächenanpassung erfolgt, indem der 3D-Oberflächen-  
verlauf aus den 3D-Bilddaten mit einem 3D-Oberflächenverlauf  
aus den 3D-Mapping-Daten zumindest annähernd in Übereinstim-  
mung gebracht wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung automatisch  
in einem ersten Stadium während der Durchführung der Kathe-  
teranwendung anhand markanter anatomischer Punkte oder künst-  
licher Marker erfolgt und in einem späteren zweiten Stadium  
durch Oberflächenanpassung verfeinert wird, bei der der 3D-  
Oberflächenverlauf aus den 3D-Bilddaten mit einem 3D-Ober-  
flächenverlauf aus den 3D-Mapping-Daten zumindest annähernd  
in Übereinstimmung gebracht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung manuell über  
eine graphische Benutzerschnittstelle erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung automatisch  
anhand künstlicher Marker erfolgt, die vor der Erfassung der  
3D-Bilddaten am Brustkorb des Patienten angebracht werden und  
sowohl in den 3D-Bilddaten als auch in den 3D-Mapping-Daten  
erkennbar sind.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung automatisch  
anhand markanter anatomischer Punkte erfolgt, die sowohl in

den 3D-Bilddaten als auch in den 3D-Mapping-Daten erkennbar sind.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
dass die Visualisierung der selektierten 3D-Bilddaten über eine Volume-Rendering-Technik erfolgt.

10 11. Verfahren nach Anspruch 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Visualisierung der selektierten 3D-Bilddaten mit einstellbarer Volume-Rendering Transferfunktion erfolgt.

15 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 in Verbindung mit Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Visualisierung der selektierten 3D-Bilddaten als Polygonnetz erfolgt.

20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die beiden Visualisierungen so miteinander verknüpft werden, dass bei einer Rotation, Verschiebung oder Skalierung einer der Visualisierungen durch einen Bediener die andere Visualisierungen gleichzeitig der gleichen Rotation, Ver-  
schiebung oder Skalierung unterzogen wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass bei einer Registrierung zwischen den 3D-Bilddaten und den 3D-Mapping-Daten eine in den 3D-Mapping-Daten enthaltene Darstellung zumindest eines Teils des Katheters in der Visualisierung der selektierten 3D-Bilddaten in Echtzeit dargestellt wird.

35

15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche mit

- einer oder mehreren Eingangsschnittstellen (14, 15) für elektroanatomische 3D-Mapping-Daten und 3D-Bilddaten,
- einem Extrahierungsmodul (11), das zur Extrahierung eines zu behandelnden Bereiches oder signifikanter Anteile davon aus den 3D-Bilddaten ausgebildet ist und selektierte 3D-Bilddaten liefert,
- einem mit dem Extrahierungsmodul (11) verbundenen Registrierungsmodul (12), das für eine lage- und dimensionsrichtige Zuordnung der elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten und der selektierten 3D-Bilddaten ausgebildet ist, und
- einem mit dem Registrierungsmodul (12) verbundenen Visualisierungsmodul (13), das die 3D-Mapping-Daten und die selektierten 3D-Bilddaten so zur Visualisierung bereitstellt, dass sie lage- und dimensionsrichtig nebeneinander mit einem oder mehreren Anzeigegeräten (6) darstellbar sind.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Registrierungsmodul (12) eine graphische Benutzerschnittstelle (9) aufweist, über die ein Bediener die lage- und dimensionsrichtige Zuordnung manuell vornehmen kann.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Registrierungsmodul (12) für die automatische lage- und dimensionsrichtige Zuordnung anhand künstlicher Marker ausgebildet ist, die sowohl in den 3D-Bilddaten als auch in den 3D-Mapping-Daten erkennbar sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Registrierungsmodul (12) für die automatische lage- und dimensionsrichtige Zuordnung anhand markanter anatomischer Punkte ausgebildet ist, die sowohl in den 3D-Bilddaten als auch in den 3D-Mapping-Daten erkennbar sind.

19. Vorrichtung nach Anspruch 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Extrahierungsmodul (11) zur Extrahierung der signi-  
fikanten Anteile des zu behandelnden Bereiches durch Segmen-  
5 tierung der 3D-Bilddaten ausgebildet ist, um einen 3D-Ober-  
flächenverlauf von Objekten im zu behandelnden Bereich zu  
erhalten.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
10 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Registrierungsmodul (12) für die automatische lage-  
und dimensionsrichtige Zuordnung durch Oberflächenanpassung  
des 3D-Oberflächenverlaufes aus den 3D-Bilddaten mit einem  
3D-Oberflächenverlauf aus den 3D-Mapping-Daten ausgebildet  
15 ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Registrierungsmodul (12) für die automatische lage-  
20 und dimensionsrichtige Zuordnung in einem mehrstufigen Pro-  
zess ausgebildet ist, bei dem in einem ersten Stadium die  
lage- und dimensionsrichtige Zuordnung anhand markanter ana-  
tomischer Punkte oder künstlicher Marker erfolgt und in einem  
späteren zweiten Stadium durch Oberflächenanpassung des 3D-  
Oberflächenverlaufes aus den 3D-Bilddaten mit einem 3D-Ober-  
flächenverlauf aus den 3D-Mapping-Daten verfeinert wird.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass das Visualisierungsmodul (13) zur Visualisierung eines  
Teils eines eingesetzten Katheters innerhalb der Darstellung  
der selektierten 3D-Bilddaten in Echtzeit ausgebildet ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 2,  
35 dadurch gekennzeichnet,  
dass das Visualisierungsmodul (13) so ausgebildet ist, dass  
bei einer Rotation, Verschiebung oder Skalierung einer der

Visualisierungen durch einen Bediener die andere Visualisierungen gleichzeitig der gleichen Rotation, Verschiebung oder Skalierung unterzogen wird.

## Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur visuellen Unterstützung einer elektrophysiologischen Katheteranwendung im Herzen

5

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur visuellen Unterstützung bei einer elektrophysiologischen Katheteranwendung im Herzen, bei denen während der Durchführung der Katheteranwendung bereitgestellte elekt-

10

roanatomische 3D-Mapping-Daten eines zu behandelnden Bereiches des Herzens visualisiert werden. Vor der Durchführung der Katheteranwendung werden mit einem Verfahren der to-

mographischen 3D-Bildgebung 3D-Bilddaten einer den zu behandelnden Bereich enthaltenen Körperregion erfasst. Aus diesen

15

3D-Bilddaten wird der zu behandelnde Bereich oder signifikante Anteile davon extrahiert, um selektierte 3D-Bilddaten zu erhalten. Die bereitgestellten elektroanatomischen 3D-Mapping-Daten und die selektierten 3D-Bilddaten werden schließlich

lage- und dimensionsrichtig zugeordnet und z. B. während

20

der Durchführung der Katheterablation nebeneinander visualisiert. Das Verfahren sowie die zugehörige Vorrichtung verbessern die Orientierung des Bedieners bei der Durchführung einer Katheteranwendung am Herzen.

Figur

